

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. Manajemen Proyek

2.1.1. Pengertian Manajemen Proyek

Manajemen proyek merupakan suatu usaha meliputi merencanakan, mengorganisir, mengarahkan, mengkoordinasi, dan mengawasi kegiatan dalam sebuah proyek dengan sedemikian rupa sehingga sesuai dengan jadwal waktu dan anggaran yang telah ditetapkan. Suatu studi oleh H. Kurzner (1982) dikutip dalam Armaini (1994:5) menyimpulkan bahwa manajemen proyek adalah merencanakan, menyusun organisasi, memimpin, dan mengendalikan sumber daya perusahaan untuk mencapai sasaran jangka pendek yang telah ditentukan.

Keberhasilan proyek-proyek besar semakin menuntut diperlukannya manajemen yang lebih baik. Tidak hanya untuk para pembangun dan subkontraktor, tapi juga untuk semua sumberdaya yang terlibat di dalamnya. Seringkali buruh-buruh dari beberapa perusahaan kontraktor berbeda disatukan untuk mengerjakan satu macam pekerjaan pada suatu saat. Maka dari itulah manajemen yang baik diharapkan dapat mengorganisir dan mengkoordinasi sumberdaya yang terlibat agar pembangunan proyek berjalan lancar.

Manajemen proyek konstruksi ialah penerapan fungsi-fungsi manajemen pada suatu proyek dengan menggunakan sumber daya efektif dan efisien agar tujuan dapat tercapai. Menurut Ervianto (2002), Manajemen konstruksi meliputi cara bagaimana agar sumber daya yang terlibat dapat diaplikasikan oleh manajer proyek secara tepat. Sumber daya yang dimaksud disini ialah meliputi *manpower*, *material*, *machine*, *money*, dan *method*. Menurut Suharto (1995 : 18), Manajemen proyek ialah bagaimana cara merencanakan, mengorganisir, memimpin, dan mengendalikan sumber daya perusahaan untuk mencapai sasaran jangka pendek yang telah ditentukan.

Proyek dari rekayasa sipil sendiri memiliki ciri yang unik, tunggal, dan dinamis dimana sifat dan tujuan dari tiap-tiap proyek tidak ada yang sama. Manajemen di dalam dunia proyek akan terus tumbuh dan berkembang mengikuti teknologi dan perkembangan zaman. Maka dari itu diperlukan teknik pengerjaan dan manajemen proyek yang fleksibel agar dapat diaplikasikan pada proyek manapun.

Manajemen Konstruksi meliputi mutu fisik konstruksi, biaya dan waktu. Manajemen tenaga kerja dan manajemen material akan lebih ditekankan dalam suatu pekerjaan konstruksi. Hal tersebut dikarenakan pekerjaan pelaksanaan seperti pengendalian biaya dan waktu proyek lebih banyak berperan ketimbang manajemen perencanaan.

Dalam manajemen proyek, pemimpin organisasi proyek akan mengelola dan mengarahkan perangkat dan sumber daya yang terlibat didalamnya agar dapat mencapai suatu pencapaian yang maksimal dan sesuai dengan standar kinerja proyek dalam hal mutu, waktu, biaya, dan keselamatan kerja. Agar mencapai hasil yang maksimal, kegiatan proyek haruslah disusun dengan detail dan akurat untuk menghindari penyimpangan-penyimpangan yang mungkin dapat terjadi.

2.1.2. Fungsi Dasar Manajemen Proyek

Soeharto (1995 : 48) menjelaskan di dalam bukunya bahwa manajemen proyek diharuskan memenuhi fungsi dasarnya. Fungsi dasar manajemen proyek dikelompokkan menjadi 4 (empat), yaitu :

1. Pengelolaan Lingkup Proyek

Lingkup proyek adalah total kegiatan yang dilakukan untuk mendapatkan produk yang diinginkan. Dalam lingkup proyek, batasan-batasan yang memuat kuantitas, kualitas, dan spesifikasi merupakan hal yang perlu diperhatikan agar dalam pelaksanaannya tidak menimbulkan implementasi-implementasi yang salah antara pihak-pihak yang berkepentingan.

2. Pengelolaan waktu dan Jadwal

Dalam pelaksanaan proyek, waktu dan jadwal merupakan sasaran utama dari kegiatan tersebut. Keterlambatan akan mengakibatkan kerugian-kerugian

misalnya penambahan biaya. Pengelolaan waktu meliputi perencanaan, penyusunan, dan pengendalian jadwal.

3. Pengelolaan Biaya

Pengelolaan biaya meliputi segala aspek yang berkaitan antara dana dan kegiatan proyek. Agar pengelolaan dapat efektif, maka disusun berbagai metode dan teknik seperti penyusunan anggaran biaya, konsep nilai hasil, dan sebagainya.

4. Mengelola Kualitas dan Mutu

Agar kegiatan proyek tersebut dapat memenuhi syarat yang telah direncanakan, maka diperlukan proses yang panjang mulai dari mengkaji syarat-syarat pelaksanaan, menjabarkan persyaratan tersebut menjadi spesifikasi, dan menuangkannya menjadi gambar kerja.

2.2. Biaya Proyek Konstruksi

Pengertian dari biaya proyek konstruksi adalah biaya yang dikeluarkan untuk menjalankan suatu kegiatan proyek. Kebijakan pada pembiayaan proyek biasanya dipengaruhi oleh kondisi keuangan perusahaan yang bersangkutan. Apabila kondisi keuangan perusahaan tidak dapat menunjang kegiatan pelaksanaan proyek, maka menurut Ariyanto (2003) kegiatan pembiayaan proyek dapat ditempuh dengan :

1. Melakukan peminjaman kepada bank atau lembaga keuangan untuk keperluan pembiayaan secara tunai agar dapat menekan biaya proyek namun harus membayar bunga pinjaman.
2. Menggunakan kebijakan kredit barang atau jasa yang diperlukan sehingga perusahaan dapat menghindari bunga pinjaman. Namun dengan sistem kredit maka harga yang diperoleh akan lebih tinggi.
3. Perhitungan biaya dalam sebuah proyek sangat penting dilakukan dalam mengendalikan sumber daya yang ada dikarenakan sumber daya yang semakin terbatas. Maka dari itu peranan cost engineer ada dua yaitu memperkirakan biaya proyek dan mengontrol realisasi biaya proyek sesuai dengan batasan yang telah ditetapkan.

2.2.1. Jenis Estimasi Biaya Proyek

Estimasi biaya memegang peranan penting dalam penyelenggaraan proyek. Estimasi biaya digunakan untuk mengetahui berapa besar biaya yang diperlukan dalam membangun proyek atau investasi, yang kemudian memiliki fungsi untuk mengendalikan sumber daya yang terlibat di dalamnya. Estimasi biaya erat kaitannya dengan analisis biaya, yaitu kegiatan yang berkaitan dengan pengkajian biaya kegiatan terdahulu yang akan dipakai untuk melakukan penyusunan perkiraan biaya. Di dalam pekerjaan proyek, biaya dapat digolongkan menjadi 3 (tiga) jenis, yaitu :

1. Biaya langsung (*Direct Cost*)

Pengertian dari biaya langsung adalah biaya yang berkaitan langsung dengan fisik proyek yang meliputi seluruh biaya dari kegiatan yang dilakukan di proyek mulai dari persiapan hingga penyelesaian dan biaya untuk mendatangkan sumber daya yang diperlukan proyek tersebut. Biaya langsung dapat dihitung dengan mengalikan volume pekerjaan dengan harga satuan pekerjaan. Sifat dari biaya ini tidak tetap karena dapat berubah-ubah sesuai dengan kemajuan pekerjaan.

Asiyanto (2005) berpendapat bahwa secara garis besar, biaya langsung pada proyek dapat dibagi menjadi lima, yaitu :

1. Biaya bahan material
2. Biaya upah kerja
3. Biaya alat
4. Biaya subkontraktor

Jumlah dari biaya lain-lain biasanya relatif kecil, namun apabila jumlahnya cukup berarti untuk dikendalikan maka dapat dirinci menjadi:

1. Biaya persiapan dan penyelesaian
2. Biaya overhead proyek, dan lainnya.

2. Biaya tidak langsung (*Indirect Cost*)

Adalah seluruh biaya yang secara tidak langsung dibebankan pada proyek. Biaya jenis ini pada umumnya terjadi di luar kegiatan proyek. Biaya tidak

langsung meliputi biaya pemasaran, pajak, biaya resiko, keuntungan kontraktor, dan sebagainya.

Biaya tidak langsung nilainya cenderung relatif apabila dibandingkan dengan biaya langsung, oleh karena itu biaya tidak langsung ini sering disebut dengan biaya tetap (*fix cost*). Biaya tetap ini didistribusiakan pembelanannya pada seluruh proyek yang sedang dalam pelaksanaan. Oleh karena itu, setiap menghitung besar biaya proyek, akan ditambah dengan pembelan biaya tetap perusahaan. Biasanya pembelan biaya ini ditetapkan dalam presentase dari biaya langsung proyek yang dikerjakan. Walaupun bersifat tetap, namun harus tetap dilakukan pengendalian agar tidak melampaui anggaran.

3. Biaya kesempatan yang hilang (*Opportunity Cost*)

Merupakan keuntungan potensial yang hilang apabila proyek yang dikerjakan mengalami keterlambatan penyelesaiannya. Keuntungan tersebut akan diperoleh apabila pengerjaan proyek tidak terjadi keterlambatan. *Opportunity cost* akan mengalami peningkatan sesuai dengan mundurnya waktu proyek.

2.2.2. Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Rencana anggaran biaya (RAB) adalah besarnya biaya yang diperkirakan dalam pekerjaan proyek yang disusun berdasarkan volume dari tiap-tiap item pekerjaan. RAB diajukan oleh kontraktor pada saat terjadi penawaran. Biaya ini tergantung pada volume, upah tenaga kerja, harga material, jasa kontraktor, serta pajak. Menurut Syah (2004: 152) RAB merupakan dokumen kelengkapan yang dibutuhkan dalam operasional pelaksanaan proyek khususnya yang berhubungan dengan hasil usaha proyek, agar proyek tercapai sesuai dengan yang telah direncanakan.

Rencana biaya pelaksanaan yang telah dibuat merupakan hasil estimasi biaya proyek termasuk perkiraan pendapatannya. Perkiraan biaya tersebut harus mempertimbangkan beberapa hal, diantaranya :

1. Referensi dari pekerjaan proyek terdahulu.
2. Hasil observasi ulang atas sumber daya yang diperlukan.
3. Kebijakan yang diberikan perusahaan.
4. Kesepakatan antara manajer proyek dan direksi perusahaan.

Tujuan dan maksud dari penyusunan RAB bangunan adalah untuk menghitung biaya-biaya yang diperlukan suatu bangunan dan dengan biaya tersebut bangunan yang direncanakan dapat terwujud dan sesuai. Rencana anggaran yang baik adalah apabila rencana anggaran tersebut dapat dibuat dengan rencana yang jelas dan efisien sesuai dengan kebutuhan proyek.

Menurut Ervianto (2003), tahapan yang harus dilakukan untuk menyusun anggaran biaya adalah sebagai berikut :

1. Melakukan pengumpulan data tentang jenis, harga, serta kemampuan pasar menyediakan material konstruksi.
2. Melakukan pengumpulan data tentang upah pekerja yang berlaku di daerah lokasi proyek dan upah pekerja pada umumnya apabila pekerja didatangkan dari luar proyek.
3. Melakukan perhitungan analisis bahan dan upah dengan analisis yang diyakini baik oleh perancang anggaran.
4. Melakukan perhitungan harga satuan pekerjaan dengan memanfaatkan hasil dari analisis pekerjaan dan kuantitas pekerjaan.
5. Membuat rekapitulasi anggaran.

2.3. Manajemen Waktu Proyek

Standar kinerja waktu merujuk pada seluruh tahapan kegiatan pada proyek, durasi, serta pengalokasian sumber daya. Waktu pelaksanaan proyek adalah bagian dari rencana proyek yang berisikan perkiraan waktu untuk menyelesaikan setiap pekerjaan. Manajemen waktu dalam sebuah proyek merupakan bagian yang sangat penting dalam penyelesaian dan pengendalian proyek.

Keberhasilan dalam sebuah proyek akan ditentukan apabila waktu penyelesaian proyek lebih kecil daripada waktu yang direncanakan. Apabila waktu penyelesaian lebih besar dibandingkan waktu rencana, maka proyek tersebut dapat dikatakan terlambat.

Selain itu, terdapat pula masalah-masalah yang dapat timbul sehingga dapat menghambat kinerja waktu pekerjaan proyek. Beberapa masalah yang kerap terjadi yaitu :

1. Penempatan sumber daya yang tidak efektif dan efisien karena penyebarannya yang fluktuatif dan ketersediaan yang tidak mencukupi. Untuk mengatasi masalah tersebut, dilakukan pemerataan jumlah sumber daya, penjadwalan ulang, serta merelokasi sumber daya agar lebih efektif.
2. Terjadinya keterlambatan proyek karena beberapa sebab seperti jumlah tenaga kerja yang terbatas, cuaca yang buruk, kesalahan metode kerja, dan lainnya. Untuk mengatasinya dilakukan penambahan tenaga kerja dan peralatan namun dengan konsekuensi akan terjadi peningkatan biaya namun dapat mempercepat durasi proyek.
3. Kondisi alam yang diluar perkiraan dapat mempengaruhi jadwal rencana kerja. Antisipasi keadaan tersebut sebaiknya perlu dilakukan.

2.4. Penjadwalan Proyek

Seringkali penjadwalan dan perencanaan disalah artikan sebagai suatu pekerjaan yang sama. Padahal sebenarnya, penjadwalan dan perencanaan mempunyai arti yang berbeda walaupun berkaitan. Penjadwalan sendiri adalah suatu kegiatan untuk menentukan waktu yang dibutuhkan, urutan kegiatan yang akan dilakukan, dan menentukan waktu selesainya kegiatan tersebut.

Penjadwalan merupakan salah satu elemen hasil dari perencanaan, yang dapat memberikan informasi tentang jadwal rencana dan kemajuan proyek dalam hal kinerja sumber daya yang berupa tenaga kerja, biaya, peralatan, material, serta rencana durasi proyek dan progres waktu. Proses penjadwalan menyusun kegiatan dan hubungan antar kegiatan secara terperinci. Hal tersebut bertujuan agar dapat mempermudah dalam pelaksanaan evaluasi proyek.

Penjadwalan adalah pengalokasian waktu yang tersedia untuk melakukan masing-masing pekerjaan agar dapat diselesaikan dengan hasil yang optimal namun tetap mempertimbangkan batasan-batasan yang ada. Penjadwalan akan terus mengikuti perkembangan proyek dengan berbagai permasalahan yang terjadi. Proses monitoring serta *updating* selalu dilakukan untuk mendapatkan penjadwalan yang realistis agar sumber daya dan durasi rencana sesuai dengan sasaran dan tujuan proyek. Proses *monitoring* diharapkan dapat mengontrol kegiatan di dalam sebuah proyek sehingga proyek tersebut tetap berjalan sesuai dengan rencana yang telah ditetapkan.

Berikut ini merupakan beberapa manfaat dari penjadwalan proyek secara umum, yaitu :

1. Memberikan pedoman terhadap unit kegiatan dan pekerjaan mengenai batas waktu untuk memulai dan mengakhiri masing-masing kegiatan.
2. Memberikan sarana bagi manajemen untuk melakukan koordinasi secara sistematis dalam menentukan alokasi prioritas sumber daya dan waktu.
3. Sebagai sarana menilai kemajuan pekerjaan.
4. Menghindari pemakaian sumber daya secara berlebihan dengan harapan proyek dapat segera selesai sebelum waktu yang ditentukan.
5. Sarana penting dalam mengendalikan proyek.

Semakin besar skala proyek yang dikerjakan maka akan semakin kompleks pula penjadwalannya karena dana yang akan dikelola jumlahnya sangat besar, kebutuhan akan sumber daya juga besar, kegiatan yang dilakukan beragam, serta durasi dari proyek tersebut akan menjadi sangat panjang. Oleh karena itu, agar penjadwalan dapat diimplementasikan dengan baik, digunakanlah metode penjadwalan yang efektif.

Penjadwalan yang dilakukan oleh scheduler yang berkompeten dan dibantu dengan *software* komputer akan membantu memberikan hasil penjadwalan yang optimal. Dalam menyusun sebuah penjadwalan proyek, terdapat beberapa faktor yang harus dipertimbangkan agar sesuai dengan kriteria pekerjaan yang dilaksanakan. Syah (2004 : 85) menggolongkan faktor-faktor tersebut ke dalam beberapa poin. Faktor-faktor tersebut diantaranya :

1. Kebutuhan dan fungsi proyek.
2. Keterkaitan antara proyek sekarang dengan proyek selanjutnya.
3. Kondisi alam dan lokasi proyek.
4. Keterjangkauan lokasi proyek ditinjau dari fasilitas perhubungannya.
5. Ketersediaan sumber daya.

2.4.1. Metode Penjadwalan Proyek

Penjadwalan merupakan hal yang sangat penting pada suatu kegiatan proyek. Penjadwalan berisikan tentang perencanaan kegiatan pada proyek yang sedang berjalan. Dalam penjadwalan, keterbatasan-keterbatasan di dalam sebuah proyek dan alokasi waktu dipertimbangan agar penyelesaian suatu proyek dapat berjalan secara maksimal. Dari sebuah penjadwalan akan diketahui apakah proyek tersebut telah berjalan baik atau tidak.

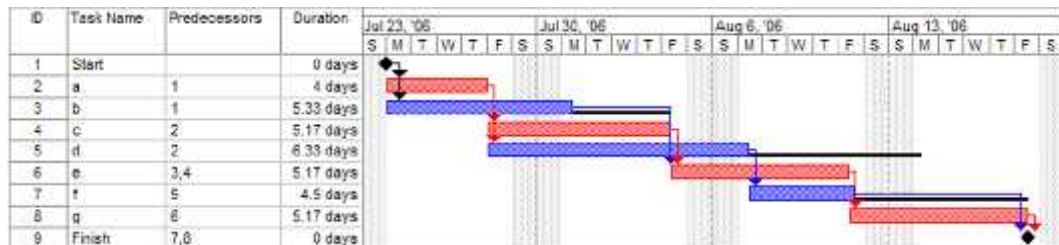
Berbedanya proyek satu dengan lainnya membuat penjadwalan proyek dibuat mengikuti perkembangan proyek. Hal tersebut bertujuan agar alokasi sumber daya tepat sasaran dan realistis sesuai dengan keadaan. Dalam pembuatan jadwal sebuah proyek, penyusunan kegiatan dibuat detail agar dapat membantu dalam evaluasi proyek.

Terdapat beberapa metode penjadwalan yang sering digunakan dalam pengelolaan waktu dan sumber daya proyek. Masing-masing metode memiliki kelebihan dan kekurangan. Pertimbangan dalam penggunaan metode penjadwalan didasarkan atas kebutuhan dan hasil yang ingin dicapai. Metode-metode ini digunakan tergantung pada kebutuhan dan tujuan masing-masing proyek.

2.4.2. Diagram Balok (*Bar Chart*)

Diagram balok mula-mula diperkenalkan oleh Hendri Lawrence Gantt pada tahun 1917. Diagram balok merupakan bagan balok dengan panjang balok digunakan sebagai referensi dari setiap durasi kegiatan. Diagram ini bertujuan untuk mengidentifikasi waktu dan urutan pengerjaan kegiatan yang terdiri dari waktu mulai, waktu selesai, dan pelaporan. Diagram batang secara sederhana dapat menunjukkan informasi rencana jadwal proyek dan durasinya yang kemudian

dibandingkan dengan progres sebenarnya sehingga diketahui proyek tersebut tepat waktu atau tidak.



Gambar 2.1 Contoh bar chart pada MS Project

Sumber : Wikipedia.com

Diagram jenis balok merupakan rencana pekerjaan yang paling mudah dan paling banyak digunakan di dalam proyek karena mudah dibaca. Namun kelemahannya informasi yang disampaikan menjadi terbatas. Hal tersebut akan menyulitkan jika terjadi keterlambatan proyek karena kegiatan akan sulit untuk di koreksi.

2.4.3. Kurva S

Kurva S ialah suatu grafik hubungan antara waktu pelaksanaan proyek dengan nilai akumulasi progress yang telah dicapai proyek tersebut. Bisa dikatakan kurva S merupakan metode perencanaan dan kendali waktu paling populer dalam monitoring pelaksanaan proye. Hampir semua proyek, baik pemerintah maupun swasta, telah lama menggunakan metode ini.

Pada awalnya, grafik kurva S dikembangkan oleh Jendral Warren Hannum. Di dalam pengaplikasiannya, kurva S dapat digunakan sebagai :

1. Pengarah penilaian atas progres pekerjaan.
2. Pada permulaan kegiatan menunjukkan progras yang kecil. Maka, rencana juga harus sesuai dengan kemampuan dan kondisi persiapan pekerjaan.
3. Kurva S sangat membantu seorang perencana proyek. Suatu proyek umumnya dimulai dengan rencana program yang kecil dan kemudian meningkat pada beberapa waktu kemudian. Kurva S dapat berfungsi sebagai pengkoreksi jadwal yang telah dibuat.

Dalam pelaksanaan proyek konstruksi, kurva S diperlukan sebagai pedoman dalam melakukan aktifitas pembangunan agar dapat berjalan tepat waktu. Selain itu, kurva S juga digunakan sebagai acuan dalam merencanakan biaya proyek. Beberapa mafaat kegunaan kurva S yaitu:

1. Sebagai jadwal pelaksanaan proyek. Dari kurva S, kita dapat mengetahui kapan proyek tersebut dimulai dan kapan proyek tersebut berakhir.
2. Kurva S sebagai pedoman keuangan proyek.
3. Kurva S dapat menunjukkan pekerjaan apa yang terdapat di lintasan kritis. Lintasan kritis ialah item yang harus segera kita selesaikan agar pekerjaan proyek dapat selesai tepat waktu.
4. Untuk mengetahui progres yang telah dikerjakan.
5. Sebagai pedoman manajer untuk mengambil tindakan dan kebijakan agar pelaksanaan proyek dapat berjalan sesuai dengan kesepakatan.
6. Kurva S sebagai bahan pelaporan proyek kepada konsultan atau owner.



Gambar 2.2 Contoh kurva S dalam RAB pekerjaan

2.5. Durasi Kegiatan

Perkiraan durasi kegiatan dalam metode jaringan kerja adalah lama waktu yang diperlukan dalam melakukan kegiatan dari awal hingga akhir. Soeharto (1995: 193) menjelaskan durasi kegiatan dapat diperkirakan dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\text{perkiraan durasi} = \frac{\text{volume}}{\text{produktivitas perhari}} \quad (2.3)$$

Sumber : Tugas besar Manajemen Konstruksi

Dalam memeperkirakan durasi pekerjaan, Soeharto (1995:193) mengelompokkan beberapa faktor yang perlu diperhatikan. Faktor-faktor tersebut adalah :

1. Angka yang digunakan sebagai perkiraan hendaklah bebas dari pertimbangan pengaruh kurun waktu kegiatan yang mendahului. Contohnya kegiatan pemasangan batu bata bergantung pada tersedianya semen, namun dalam memperkirakan waktunya jangan dimasukkan faktor kemungkinan terlambatnya penyediaan semen.
2. Angka perkiraan kurun waktu kegiatan dihasilkan dari asumsi bahwa sumber daya tersedia dalam jumlah yang normal.
3. Digunakan hari kerja normal, bukan diasumsikan kerja lembur, terkecuali apabila hal tersebut telah direncanakan khusus pada proyek yang bersangkutan.
4. Bebas dari pertimbangan pencapaian target jadwal penyelesaian proyek karena dikhawatirkan mendorong untuk menentukan angka yang disesuaikan dengan target tersebut.
5. Tidak memasukkan angka kontigensi untuk hal-hal seperti bencana alam, pemogokan, dan sebagainya.

2.6. *Microsoft Project*

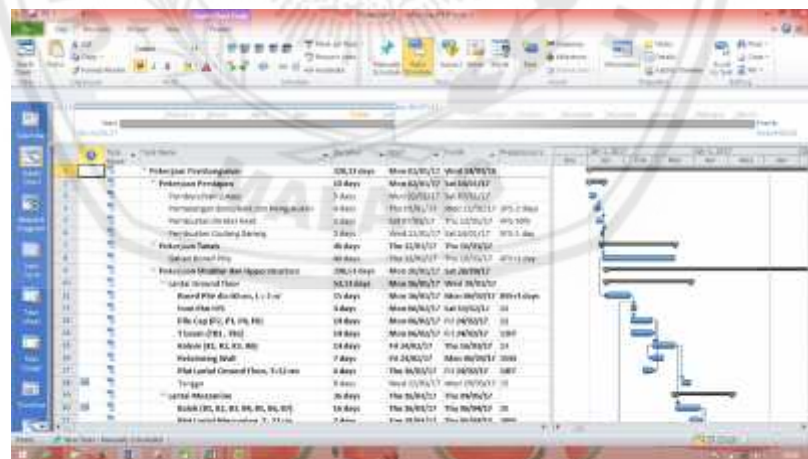
Sebagai seorang manager proyek, banyak sekali hal-hal yang harus dilakukan dengan cermat, tepat, dan benar. Salah satunya adalah dalam membuat penjadwalan proyek. Dalam membuat suatu penjadwalan proyek, kontraktor dapat menggunakan bantuan software agar lebih mudah dan efisien.

Software yang biasa digunakan dalam pembuatan agenda penjadwalan proyek adalah *Microsoft Project (MS Project)*. *MS Project* adalah *software* yang dapat membantu kontraktor dalam hal *Project Management*. Versi terakhir *MS Project* adalah *Microsoft Project 2016* yang merupakan bagian dari *Microsoft Office Professional 2016*. Adapun kemampuan dari *MS Project* adalah :

1. Dapat menyimpan detail proyek di dalam database-nya yang meliputi detail tugas, hubungan antar pekerjaan (*Predecessor*), sumber daya, jalur kritis, dan sebagainya.
2. Informasi yang di input ke dalam *Ms Project* dapat digunakan untuk menghitung dan memelihara jadwal, biaya, dan elemen yang lainnya. Semakin banyak informasi yang disediakan maka akan semakin akurat jadwal yang direncanakan.
3. Dapat melakukan pelacakan proyek selama proyek berjalan untuk menentukan apakah proyek dapat selesai tepat waktu dan sesuai dengan anggaran yang direncanakan.

Dalam penggunaannya, terdapat beberapa fitur-fitur lembar kerja yang dapat digunakan dalam menyusun penjadwalan kegiatan proyek. Beberapa fitur yang sering digunakan dalam penyusunan jadwal diantaranya adalah :

1. *Gant chart*, yaitu merupakan lembar kerja yang digunakan untuk menyusun urutan pekerjaan proyek. Pada lembar kerja gant chart terdapat kolom yang berisikan nama pekerjaan, durasi pekerjaan, hubungan ketergantungan (*Predecessor*), diagram balok (*Bar Chart*), dan lainnya.



Gambar 2.3 Tampilan *Gant Chart* pada *MS Project*

2. *Resource sheet*. Merupakan lembar kerja yang berisikan sumber daya apa saja yang digunakan dalam pekerjaan proyek. Di dalam jendela *resource sheet* terdapat kolom yang berisikan nama sumber daya, tipe sumber daya, jumlah maksimal sumber daya, harga, dan lainnya.

2.7. Erection Girder

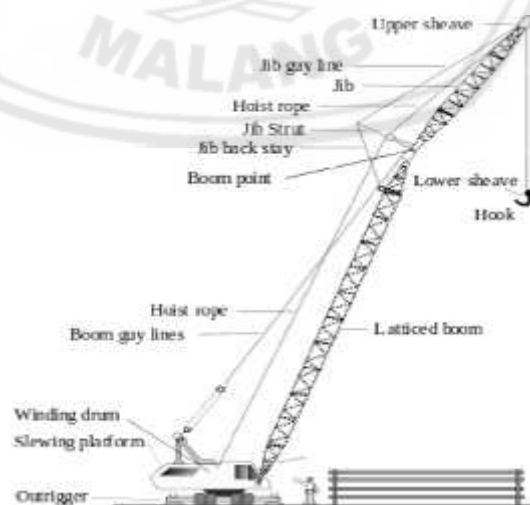
Pada proyek pembangunan *under bridge Sta. 03+550* jalan tol Pamal, perbandingan metode pelaksanaan dengan menggunakan *Crawler Crane* dan *Launcher Girder* pada saat *erection girder* menjelaskan konsep teori dasar yang berhubungan dengan analisis dilapangan karena kondisi *existing* yang cukup sulit dan diperlukan metode pelaksanaan yang ditinjau agar produktifitas waktu dan biaya bisa didapat dengan baik. Oleh karena itu dibutuhkan alat yang lebih besar kemampuan yang lebih baik, namun biaya yang akan dikeluarkan cukup besar dan alat tersebut belum siap sedia pada waktu itu.

Pada metode pelaksanaan ini *crawler crane* dipilih sebagai metode yang digunakan tetapi perlu analisis perbandingan dengan metode *erection* lainnya disini dipilih metode pembandingnya adalah *launcher girder* sehingga mendapatkan metode yang paling cocok sesuai dengan lokasi, biaya dan waktu yang paling optimal. Pada sub bab berikut ini menjelaskan tentang macam-macam alat yang biasa digunakan untuk *erection* beton prategang PCI girder menurut James R.Libby dalam bukunya yang berjudul “Modern Prestressed Concrete : Design, Principles, and Construction Methods”.

2.8. Alat dan Bahan

2.8.1 Crawler Crane

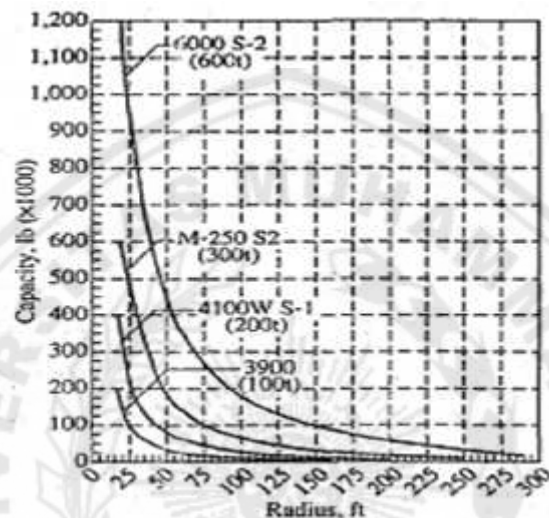
Crawler crane adalah suatu alat untuk menarik atau mengangkat beton prategang. *Crawler crane* apabila digunakan pada daerah yang luas biasanya lebih banyak menghabiskan biaya dan susah diterapkan karena untuk memindahkan dari satu ke lokasi yang lain harus menggunakan alat bantu berupa *trailer* atau *bogie*. Radius beban untuk *crawler crane* dapat diukur seperti pada alat *truck crane* dan dengan bentuk serta cara kerja yang hampir sama pula seperti yang terlihat pada Gambar 2.1. Alat ini mampu bekerja pada kemampuan yang mendekati maksimum seperti truck crane, namun juga dengan syarat harus pada kondisi permukaan yang cukup rata dan kuat.



Gambar 2.5 Bagian-bagian dari Crawler Crane

Sumber : Libby,James R,op.cit , *Modern Prestressed Concrete : design principles and construction methods* (1990)

Kemampuan atau kapasitas beban alat sangat bergantung dan jarak pengangkatan dari posisi awal *boom* karena itu semakin jauh radius / jarak kerja alat dalam menempatkan beban, maka kapasitas maksimum alat juga akan berkurang seperti yang terlihat pada Gambar 2.2. Selain itu, jarak kerja (*working range*) alat *crawler crane* juga tergantung pada jarak minimum dari alat dan tinggi atau panjang *boom* dari masing - masing alat.



Gambar 2.6 Perbandingan radius dan kapasitas beban *Crawler crane*.

Sumber : Peurojoy, Robert Leroy., Clifford J. Schexnayder, hal.544 (2002)

2.8.2 Launcher Girder

Launcher adalah salah satu dampak positif dari kemajuan teknologi di bidang konstruksi jembatan. Dalam metode konstruksi ini, struktur atas jembatan (span pertama) dirangkai terlebih dahulu pada salah satu sisi abutmen jembatan kemudian didorong dari abutmen ke *pier head* pertama. Kemudian pada bagian span kedua dirangkai kembali hingga selesai kemudian didorong kembali hingga span pertama bertumpu pada *pier head* kedua dan span kedua bertumpu pada *pier head* yang pertama. *Launcher Girder* bukan metode *erection* yang paling murah dalam pembangunan jembatan karena *Launcher Girder* membutuhkan banyak analisis, keahlian dan alat khusus dalam melaksanakannya. Namun *Launcher Girder* menjadi metode yang mungkin atau harus digunakan jika akses pelaksanaannya sulit atau tidak boleh merusak lingkungan bila menggunakan metode konvensional.

Ketika dilakukan dalam pembangunan jembatan, *Launcher Girder* memberikan beberapa keuntungan baik bagi *owner* maupun kontraktor.

Beberapa keuntungan tersebut adalah sebagai berikut:

- 1 Memberikan sedikit dampak buruk bagi lingkungan.
- 2 Hanya memerlukan sedikit area dalam pengerjaannya.
- 3 Tidak menutup akses jalan masyarakat yang berada dibawah tempat pelaksanaan erection.

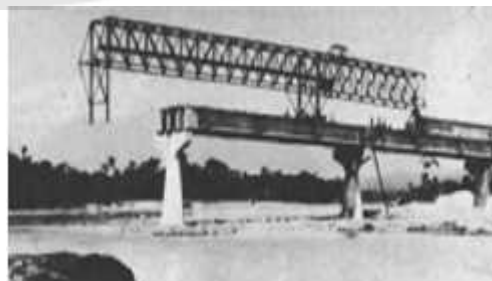
Launcher Girder dapat digunakan untuk membangun jembatan diberbagai kontur yang sulit, area yang terbatas dan atau karena keterbatasan akses. Contoh yang termasuk dalam karakteristik adalah :

- 1 Sungai yang dalam atau selat.
- 2 Lereng yang curam dan keadaan tanah yang buruk sehingga sulit untuk akses mobilisasi.
- 3 Adanya lingkungan yang dilindungi di bawah jembatan seperti jalan kabupaten maupun jalan nasional.

Pada kenyataanya banyak macam variasi dari konstruksi girder launcher yang digunakan, namun secara umum cara kerjanya memiliki dan bergeser pada pier selanjutnya dengan bertumpu pada kaki yang berdiri pier untuk menahan beban girder yang akan dipasang pada bentang yang dikendaki. Pada saat *Launcher Girder* berpindah menuju pier selanjutnya, maka yang akan digunakan sebagai penyeimbangya adalah girder yang akan dipasang nantinya setelah alat tersebut berada di posisi bentang yang direncanakan. (lihat gambar 2.3)



(a)

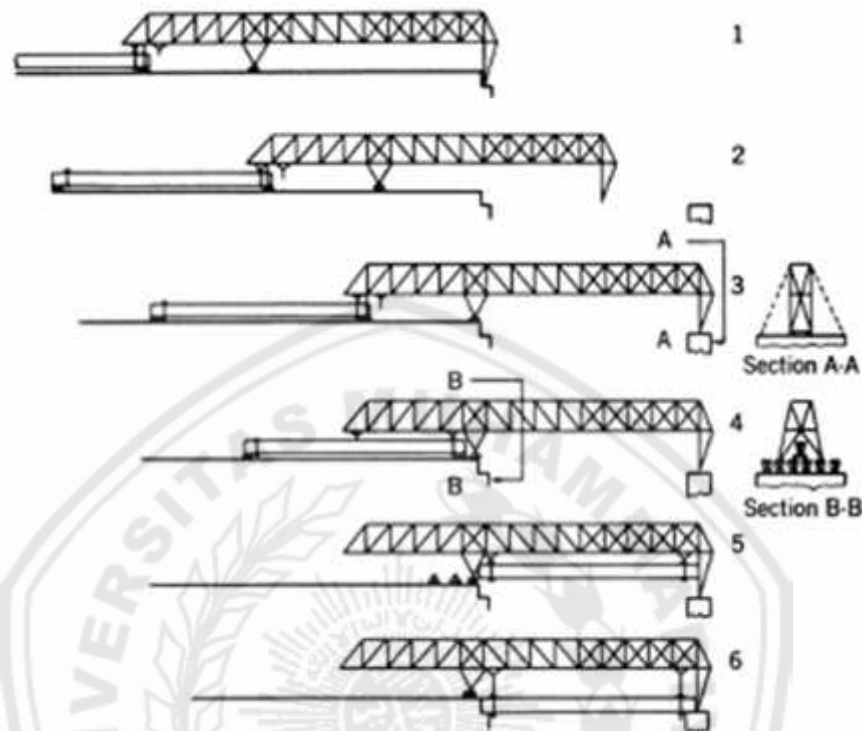


(b)

Gambar 2.7 (a) dan (b) macam – macam contoh alat *Launcher Girder*.

Sumber : Libby, James R, op.cit , Modern Prestressed Concrete : design principles and construction methods (1990)

Berikut ini adalah contoh dari metode pelaksanaan *Launcher Girder* untuk pemakaian alat *Launching beam*. (lihat gambar 2.4)



Gambar 2.8 Urutan Kerja pada pemakaian *Launcher Girder*.

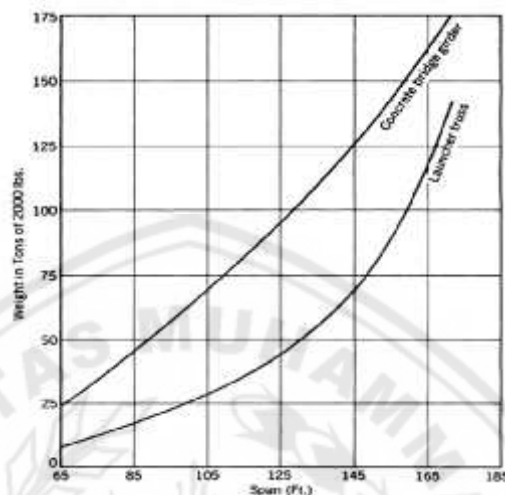
Sumber : Libby, James R, op.cit , *Modern Prestressed Concrete : design principles and construction methods* (1990)

Berikut urutan kerja pada pemakaian *Launcher Girder* dijelaskan sebagai berikut :

- 1 *Launcher* yang sudah dirakit dihubungkan dengan balok girder yang berfungsi sebagai pemberat.
- 2 *Launcher* dan balok girder dipindahkan menuju bentang yang direncanakan.
- 3 *Launcher* sudah pada posisi untuk erection.
- 4 Balok girder dihubungkan pada ujung penggantung *launcher*.
- 5 *Launcher* menurunkan balok girder dengan bantuan *Hoist crane*
- 6 Perletakan balok girder pada posisi *bearing pad*

Sumber : Libby, James R, op.cit , *Modern Prestressed Concrete : design principles and construction methods* (1990)

Perbandingan bobot dari beton girder jembatan yang memungkinkan untuk *launcher* normal dengan bobot dari *launcher truss* cukup dapat diperkirakan seperti pada Gambar 2.10. Bobot dari *trolley*, *roller*, *hoist crane*, dan peralatan lainnya sama dengan bobot *Truss* tersebut.



Gambar 2.9 Perbandingan bobot girder jembatan dengan bobot *Launching truss* untuk bermacam - macam bentang.

Sumber : Libby, James R, op.cit , *Modern Prestressed Concrete : design principles and construction methods* (1990)

2.8.3 Trailer Truck Boggie

Trailer truck digunakan untuk mengangkut girder yang telah siap untuk di *erection* dari *stock yard* menuju lokasi *pier head* jembatan (Rochmanhadi, 2000). Dalam pelaksanaan pengangkutannya *trailer truck* dilengkapi dengan *boggie*, yaitu semacam alat bantu yang dilengkapi dengan roda karet yang berfungsi sebagai pengangkut girder sekaligus menghubungkannya dengan *trailer truck*. *Boggie* diperlukan karena *girder* tidak mungkin diangkut hanya dengan menggunakan *trailer*, mengingat panjang dari *girder* yang melebihi panjang dari *trailer truck*nya sendiri. Dalam pelaksanaan pengangkutannya ujung bagian depan *girder* menumpu pada *trailer truck* sedang pada ujung bagian belakangnya menumpu pada *boggie*. *Boggie* juga dilengkapi dengan alat kemudi *power steering*, hal ini bertujuan untuk menjaga kestabilan dalam pengangkutan *girder* agar tidak terjadi perubahan konstruksi pada balok *girder* akibat tidak seimbangannya antara kemudi depan (*trailer truck*) dengan kemudi belakang (*boggie*).



Gambar 2.10 Trailer Truck Nissan CW445

Sumber : <https://www.udtrucks.com/en-au/home>

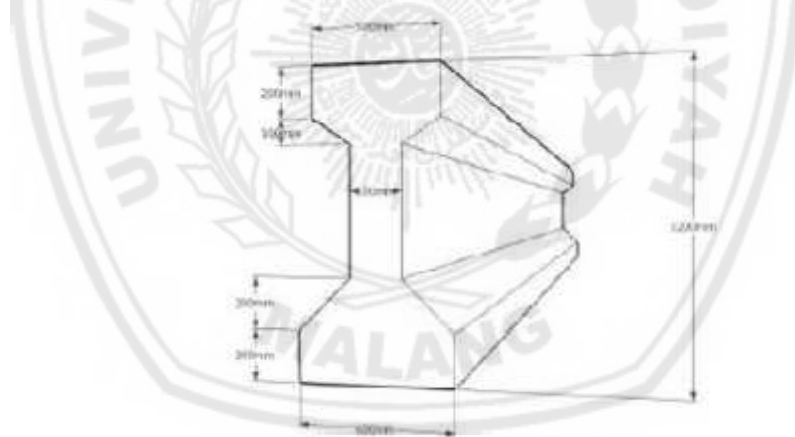
2.8.4 Girder

Girder merupakan sebuah balok diantara dua penyangga dapat berupa pier ataupun abutment pada suatu jembatan atau *fly over* (Supriadi, 2007). Umumnya girder merupakan balok baja dengan profil I, namun girder juga dapat berbentuk *box* (*box girder*), atau bentuk lainnya. Menurut material penyusunnya *girder* dapat terdiri dari *girder* beton dan *girder* baja. Sedangkan menurut sistem perancangannya, girder terdiri dari *girder precast* yaitu *girder* beton yang telah di cetak di pabrik tempat memproduksi beton kemudian beton tersebut di bawa ke tempat pembangunan jembatan atau *fly over* dan pada saat pemasangan dapat menggunakan *girder crane*. Selain *girder precast*, juga dikenal istilah *on-site girder*, yaitu *girder* yang di cor di tempat pelaksanaan pembangunan jembatan, girder ini dirancang sesuai dengan perancangan beton pada umumnya yaitu dengan menggunakan bekisting sebagai cetakannya.

Sehingga yang disebut jembatan sistem *girder* adalah sebuah struktur bangunan jembatan yang komponen utamanya (balok) berbentuk *girder*. *Girder* ini dapat terbuat dari beton bertulang, beton prategang, baja atau kayu. Panjang bentang jembatan *girder* beton bertulang ini dapat sampai 25 m, dan untuk jenis girder yang menggunakan beton prategang umumnya memiliki panjang bentang di atas 20 m sampai 40 m.

Girder memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing. *Girder* dengan profil balok I memiliki kelebihan pada pengerjaannya yang mudah serta cepat dalam berbagai jenis kasus, namun jika jembatan yang akan dibangun memiliki bentuk kurva, *girder* balok I menjadi lemah karena kurang kuat terhadap kekuatan puntir/memutar yang sering disebut sebagai torsi. Web kedua pada balok I perlu ditambahkan dalam gelagar kotak untuk meningkatkan kekuatan stabilitas untuk menahan torsi, Hal ini membuat gelagar kotak atau box girder merupakan pilihan yang tepat untuk jembatan dengan bentuk kurva.

Jenis *girder* menurut jenisnya dapat dibedakan menjadi balok I, *box girder*, balok T (Supoyo, 2007). *Girder* dengan bentuk balok I sering disebut dengan *PCI Girder* (yang dibuat dari material beton). *Girder* ini dapat terbuat dari bahan komposit ataupun bahan non komposit, dalam memilih hal ini perlu dipertimbangkan berbagai hal seperti jenis kekuatan yang diperlukan dan biaya akan akan dikeluarkan.



Gambar 2.11 Tipe Balok I

Sumber : <http://www.deal.it/equipment-portfolio.asp?id-765>

Girder yang digunakan pada proyek pembangunan *under bridge Sta. 03+550* jalan tol pandaan-malang (Pamal) sendiri adalah tipe *PCI girder*. Dua macam tipe girder itu adalah girder memiliki dimensi yang berbeda. Girder balok sendiri terbagi menjadi 2 kategori yang masing-masing berbeda ukurannya.. Keseluruhan girder juga terbagi kedalam 2 kategori, yaitu tipe A dan Tipe B. Berat masing-masing girder tipe balok adalah 80 ton .

Kedua tipe ini dipasang pada lokasi yang berbeda di *under bridge Sta. 03+550* jalan tol pandaan-malang (Pamal), lokasi pemasangannya dapat dilihat pada kedua tabel berikut :

Tabel 2.1. Lokasi Pemasangan Girder

Tipe Girder	Bentang (meter)	Lokasi (Sta)	Jumlah (unit)
A	20,60	3+500	18
		3+600	18
B	40,80	3+550	18

Tabel 2.2. Spesifikasi Balok Girder

Girder bentang 20,60 meter	Girder bentang 40,80 meter
<p>Tipe :</p> <p>$L_b = 20,60$ meter $L_n = 20,00$ meter</p> <p>$S = 1,850$ meter $H = 1,250$ meter</p> <p>$B_t = 0,550$ meter $B_b = 0,650$ meter</p> <p>Tendon = $2 \times 2 = 24$ strand</p> <p>Balok Interior</p> <p>Beton :</p> <p>Concrete Grade For Beam = K-500 ($F_c = 415 \text{ Kg/cm}^2$)</p> <p>Concrete Grade For Slab = K-350 ($F_c = 290,5 \text{ Kg/cm}^2$)</p> <p>Berat Jenis = 2500 Kg/m^3</p> <p>Baja Tulangan :</p> <p>Mutu baja</p> <p>DIA. 13 mm : B.ITP 40 = $F_y 4000 \text{ Kg/cm}^2$</p> <p>DIA. $< 13 \text{ mm}$: B.ITP 24 = $F_y 2400 \text{ Kg/cm}^2$</p> <p>Modulus elastisitas (E_s) = $2,1E+06 \text{ Kg/cm}^2$</p> <p>Baja Prategang</p> <p>Grade-270 Astm A416</p> <p>Prestressing Steel standar = $\varnothing 12,70 \text{ mm}$</p> <p>Luas Penampang = $98,71 \text{ mm}^2$</p> <p>Modulus elastisitas (E_s) = $1,99E+06 \text{ Kg/cm}^2$</p> <p>Breaking Load = $18,734 \text{ ton}$</p> <p>Low - Relaxation</p> <p>Desain Standar</p> <p>Berdasarkan :</p> <p>Peraturan Perencanaan Teknik Jembatan Jalan Raya ; BMS 1992</p> <p>RSNI T-02-2005 (Standar Pembebanan untuk Jembatan)</p> <p>SNI T-12-2004 (Perencanaan Struktur Beton untuk Jembatan)</p>	<p>Tipe :</p> <p>$L_b = 40,80$ meter $L_n = 40,00$ meter</p> <p>$S = 1,850$ meter $H = 2,100$ meter</p> <p>$B_t = 0,800$ meter $B_b = 0,700$ meter</p> <p>Tendon = $2 \times 20 + 2 \times 12 = 64$ strand</p> <p>Balok Interior</p> <p>Beton :</p> <p>Concrete Grade For Beam := K-500 ($F_c = 415 \text{ Kg/cm}^2$)</p> <p>Concrete Grade For Slab = K-350 ($F_c = 290,5 \text{ Kg/cm}^2$)</p> <p>Berat Jenis = 2500 Kg/m^3</p> <p>Baja Tulangan :</p> <p>Mutu baja</p> <p>DIA. 13 mm : B.ITP 40 = $F_y 4000 \text{ Kg/cm}^2$</p> <p>DIA. $< 13 \text{ mm}$: B.ITP 24 = $F_y 2400 \text{ Kg/cm}^2$</p> <p>Modulus elastisitas (E_s) = $2,1E+06 \text{ Kg/cm}^2$</p> <p>Baja Prategang</p> <p>Grade-270 Astm A416</p> <p>Prestressing Steel standar = $\varnothing 12,70 \text{ mm}$</p> <p>Luas Penampang = $98,71 \text{ mm}^2$</p> <p>Modulus elastisitas (E_s) = $1,99E+06 \text{ Kg/cm}^2$</p> <p>Breaking Load = $18,734 \text{ ton}$</p> <p>Low - Relaxation</p> <p>Desain Standar</p> <p>Berdasarkan :</p> <p>Peraturan Perencanaan Teknik Jembatan Jalan Raya ; BMS 1992</p> <p>RSNI T-02-2005 (Standar Pembebanan untuk Jembatan)</p> <p>SNI T-12-2004 (Perencanaan Struktur Beton untuk Jembatan)</p>

2.8.5 Sika Grout

Sika Selain alat-alat diatas dibutuhkan bahan tambahan berupa semen *sika grout 215*. *Sika grout* merupakan semen *grouting* siap pakai yang mempunyai karakteristik tidak menyusut dengan waktu kerja yang sesuai untuk temperatur lokal, dapat mengalir sangat baik dan memenuhi standar internasional. *Sika grout 215* sendiri mempunyai spesifikasi sebagai berikut yaitu semen untuk mengisi rongga struktur beton yang kropos dan penambahan coran akibat pengecoran tidak sempurna, dapat digunakan dalam berbagai macam aplikasi, *mortar fillet* (pinggulan sudut) untuk pondasi mesin, sebagai dudukan mesin, dudukan bearing pondasi jembatan, pengisi rongga atau celah dan penghentian semetara, perbaikan beton dengan metode kerja *grouting* dan *injeksi sistem*, aplikasi perbaikan jembatan, atau dramaga, pembuatan beton pracetak dan aplikasi *dry pack*, pemasangan ankur, penutup retak yang besar, tentunya semen *grouting* siap pakai yang mempunyai karakteristik tidak susut dan dapat mengalir sangat baik, memenuhi persyaratan *standar corps of engineering CDR C-621* dan *ASTM C-1107*. Keuntungan dari penggunaan *sika grout 215* sendiri adalah mudah penggunaannya, karakteristiknya mudah mengalir, konsistensi dapat diatur, kekuatan awal sangat cepat, tahan terhadap penyusutan dan kekuatan tahan tinggi, dan tidak korosi juga tidak beracun (Rachmanhadi, 1992). Dan yang terakhir adalah launcher, launcher adalah alat berat yang berfungsi untuk mengangkat benda-benda berat. Salah satunya juga berfungsi untuk mengangkat girder pada proses erection girder.



Gambar 2.12 Sika Grout

2.9 Pemilihan Alat

Pemilihan peralatan yang tepat sesuai dengan jenis pekerjaan dan fungsinya akan dapat hasil yang sesuai dengan yang diharapkan. Faktor-faktor yang mempengaruhi pemilihan peralatan adalah (Day, Benjamin, 1991):

1. Spesifikasi alat disesuaikan dengan jenis pekerjaannya, seperti pemindahan tanah, penggalian, produksi agregat, penempatan beton.
2. Syarat - syarat kerja dan rencana kerja yang tertulis dalam kontrak
3. Kondisi lapangan, seperti keadaan tanah , keterbatasan lahan dan ruang gerak,
4. Letak lokasi, meliputi keadaan cuaca , temperatur, angin, ketinggian, akses masuk ke lokasi, dan sumber daya yang ada.
5. Keberadaan alat untuk dikombinasikan dengan yang lain,
6. Pergerakan dari peralatan (mobilisasi)
7. Kemampuan alat untuk mengerjakan bermacam - macam pekerjaan.

2.9.1 Sumber Peralatan

Dalam pelaksanaannya, suatu proyek dapat memperoleh peralatan dengan jalan menyewa maupun membeli. Pada kondisi tertentu, pembelian peralatan akan menguntungkan secara finansial, sedangkan pada kondisi lain akan lebih ekonomis dan memuaskan untuk penyewaanya. Terdapat tiga metode yang dapat digunakan dalam penggunaan (mendapatkan) peralatan konstruksi (Peurifoy: 1988), yaitu : Membeli, Menyewa, dan Menyewa dengan maksud membeli dikemudian hari.

2.9.2 Kapasitas Operasi Peralatan

Pada proyek konstruksi yang menggunakan alat - alat berarti berat sebagai penunjang, yaitu perlu diperhatikan faktor kapasitas alat yang menunjukkan kemampuan dari alat untuk menyelesaikan pekerjaan sesuai dengan beban yang diberikan dan waktu pelaksanaan yang telah dicanangkan. Sedangkan salah satu cara untuk menghitung kapasitas suatu alat yaitu dengan didasarkan pada volume yang dikerjakan per siklus waktu dalam satu jam. Setelah hasil perhitungan waktu yang dibutuhkan oleh satu alat untuk menyelesaikan suatu pekerjaan didapatkan,

barulah kemudian dihitung jam kerja dan jumlah alat yang diperlukan. Dan perumusannya akan menggunakan cara sebagai berikut :

a. Kapasitas Produksi

$$Q = q \times N \times E_k \quad (2.4)$$

Sumber : Rochmanhadi, Ir. :1984,12

Dimana:

Q = Produksi per satuan waktu

q = Kapasitas produksi peralatan persatuan waktu

$$N = \frac{T \text{ (Jumlah trip per satuan waktu)}}{W_s} \quad (2.5)$$

W_s = Waktu Siklus

E_k = Efisiensi kerja

b. Volume Pekerjaan

c. Waktu Siklus

Efisiensi kerja di sebut juga faktor koreksi sehingga faktor produktifitasnya nielihat kondisi di lapangan. Efisiensi kerja tergantung pada kondisi pengoperasian dan pemeliharaan alat. Harga untuk efisiensi kerja dapat di lihat pada tabel - tabel di bawah ini:

Tabel 2.3 Efisiensi Kerja

Kondisi Pekerjaan	Pemeliharaan Mesin			
	Baik sekali	Baik	Sedang	Jelek
Baik Sekali	0,84	0,81	0,75	0,70
Baik Sekali	0,75	0,75	0,71	0,65
Sedang	0,72	0,69	0,65	0,60
Jelek	0,68	0,61	0,57	0,52

Sumber : Rochmanhadi,1994, hal.15

Tabel 2.4 Efisiensi Waktu

Kondisi Kerja	E
Menyenangkan	0,9
Normal	0,83
Jelek	0,75

Sumber : Training Center Departement PT United Tractors,1997, Latihan Dasar Sistem Mesin (B).
Jakarta